若林重通*：コンニャクのマンナン粒子を含む粘液細胞の構造とその生成について

Shigemichi WAKABAYASHI*: Studies on the structure and the formation of mucilage cells in corms of *Amorphophallus Konjac.*

コンニャクの球茎の主成分は辻 (1894)[1]，後藤 (1922)[2]，前田 (1922)[3]，三宅 (1927)[4] 大槻 (1928)[5]，西田 (1930)[6] の諸氏により，一種のグルコマンナンであることが確かめられた。これは水に可溶で，水溶液はきわめて高い粘性を持つている。コンニャクの球茎の断面には直径 1 mm 前後の大形の細胞が認められ，中にその細胞とほとんど同大の粘液粒子が含まれる。この粘液細胞は永井 (1943)[7] によつてマンナン細胞と呼ばれた。西田 (1926)[8] はマンナ粒子の細胞内生成の観察を行い，次のように報告している。

(1) 若いマンナン細胞ではその核は中心に位置するが，まもなくその周辺に蓚酸石灰の針状結晶を集積し，その後次第に核が消失して，針晶は薄い原形質に包まれ，それらを核心として周囲にマンナンを集積して次第に大となる。針晶は空胞形成以前に形成されるので常に細胞の中心に位置する。

(2) したがつて，マンナン細胞にはその中心に必らず結晶針束が存在し，その表面における吸着現象によつてマンナン水膠液が濃縮貯溜される。

(3) マンナン細胞は異形細胞の一種である。

以後，これらの点に論及する発表が見られないが，筆者は 1954～1955 年にコンニャクのマンナン細胞および他植物のマンナン類を含む粘液細胞を観察し，西田氏と異なつた見解を得たので，その結果を報告する。

この研究において御指導，御忠言をいただいた日野巖博士ならびに大槻虎男博士に対して深謝する。

---

* 広島県立農業試験場コンニヤク試験地. KONNIYAKU Exp. Farm, Hiroshima Agr. Exp. Sta. Yukimachi, Hiroshima Pref.

1) C. Tsuji: Bull. Coll. Agr., Tokyo Imp. Univ., **2**: 115 (1894)
2) K. Gotō: J. Bioch., **1**: 201 (1922)
3) 前田 実：東京医学会会報，**23**: (1922)
4) S. Miyake: J. Coll. Agr. Hokkaido Imp. Univ., **12**: 164 (1927)
5) T. Ohtsuki: Acta Phytochimica, **4**: 1, 19 (1928)
6) K. Nishida, H. Hashima: Jap. J. Agr. Chem., **6**: 991, 1065 (1930), **7**: 369 (1931)
7) 永井威三郎：実験作物栽培各論，**2**: 382 (1943)
8) 西田彰三：商学討究，**1**: 209 (1926)

材料および方法

マンナン細胞の生長については，主としてコンニャク *Amorphophallus Konjac* C. Koch の在来種 1・2 年生の発芽初期から発根するまでの生長中の新球茎を使用し，その切干を N—塩酸で加水分解後，醋酸オルセインおしつぶし法によつて鏡検した。

蓚酸石灰についての調査には塩酸を使用せず，蒸溜水で5〜30分間煮沸し，おしつぶして薄いエオジン水溶液で染色後に観察した。

さらに，発育の過程を観察するため，各年球の各生育段階について上記と同一の方法をとり，生体材料については徒手切片によつた。なお，参考材料としてサイハイラン[1]についても同様の調査をした。マンナン細胞の比較には当試験地で栽植したコンニャクの数品種（石玉種・南洋種・マンナン欠乏種）・ヤマコンニャク *Amorphophallus kiusiana* Makino[2] の球茎，および広島県神石郡産のシュンラン *Cymbidium virescens* Lindl.，サイハイラン *Cremastra appendiculata* Makino，コケイラン *Oreorchis patens* Lindl.，シラン *Bletilla striata* Reichb. fil.,[3] 岡山県阿哲郡産のセキコク *Dendrobium monile* Kränzl.，ムギラン *Bulbophyllum inconspicuum* Maxim.，広島市宇品町産のコクラン *Liparis nervosa* Lindl. の偽鱗茎を使用した。乾固したコンニャクマンナン粒子（すなわち蒟蒻精粉）の作製に当つては，適宜に当試験地で切干し精粉試験機（当試験地で設計）で搗製して採取した。

実験結果および考察

1. マンナン細胞の生長過程および構造

マンナンはエオジン水溶液によつて橙紅色に着色するので（ただし，ムギランでは不染であつた），マンナン細胞の区別は容易であるが，幼細胞ではマンナンの量が少ないので色相による区別は困難であつた。しかし，わずかに細胞が大きく核も細胞の透明度も大きいことによつて他の細胞と区別され，多くの場合，中心に凝結物質あるいは粘液状物質が認められるのでさらに容易に区別された（第 1 表）。さらに幼い，分化の初期においては，若い原形質がオルセインおよびエオジンによつて共に濃染され核は大きいので，他の組織細胞と区別された。しかし，蓚酸石灰の針状結晶束を生ずる特殊細胞 (idioblast) の幼体とは全く区別できず，このことから，マンナン細胞の一種と考察される。この点，西田氏の意見と一致する。

以上の諸点を利用して，マンナン細胞を一般細胞から区別しその生長過程を追跡すると，核は分化の初期には細胞の中心に見られるが，細胞の生長と共に次第に一側にかた

---

[1] T. Ohtsuki: Acta Phytochimica, **10**: 1 (1937)

[2] T. Ohtsuki: J. Jap. Bot., **7**: 76 (1930)

[3] T. Ohtsuki: Acta Phytochimica, **10**: 29 (1937)

第 1 表。細胞・核・マンナン核の各直径の比較

調査項目＼調査部分		分化初期	成熟後			
			皮層	髄層		頂芽の下部
				上部	下底部	
マンナン細胞	細胞の直径	35～55μ	60～450μ	70～1400	70～1900	5～600
	核の直径	12～15	21～43	21～45		21～45
普通細胞	細胞の直径	29～36	50～150	40～150	40～200	40～60
	核の直径	8～10	11～16	11～16		11～16
マンナン核	核の直径	6～30	24～74	10～36		35～82
	針晶の長さ	3～7	7～41	3～10		10～46
針晶細胞	細胞の長さ	30～45	55～220	55～200		55～310
	核の直径	10～17	11～18	11～18		11～18
	針晶の長さ	14～18	30～100	30～100		30～150

各項目ごとに細胞 300 個中の数値 (μ) を示す

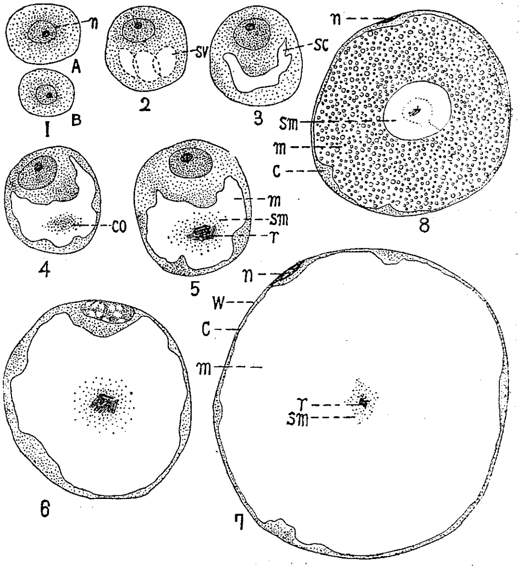
より，あいた場所に若干の液胞が生じている（第1図—2)。しかし，間もなくこれらの液胞は合一するもののようで，次の段階には大きな一個の液腔と一側に押しやられた核とが見られ（第1図—3)，次に液腔中に雲状の凝結しつつある物質が認められる（第1図—4•第2図—1)。細胞の肥大と共に核は一層細胞膜に接近し，液腔は大きくなつてエオジンによつてかすかに紅染し始め，その中心に凝結物質は固体として析出されている（第 1 図—5)。その後は根本的な構造的変化は認められず，漸次にマンナンが蓄積されて細胞ははなはだしく膨大し，成長したマンナン細胞では凝結物質（以後，マンナン核とする）を核としてマンナンが包囲し，原形質は薄膜状となつて細胞膜に密着し，核も板状あるいは薄膜状となつて明らかに認められる。マンナン核はしばしば粘液状物質（以後，液腔粘液とする）に埋存している（第 1 図—7•第 2 図—2)。この生長過程は，コンニャクの各年球においてもさらにサイハイランでも同様であり，その構造はコンニャクの他の品種および調査したすべてのラン類において同様であつた。ただし，シランのマンナンには第 1 図—8 のように顆粒状物質があり，コクランではマンナン核は認められず，ムギランでは液腔粘液もマンナン核も認められなかつた（第 3 図)。したがつて，マンナン粒子の生成は液腔性であり，この点では糊粉粒の生成に類するものと考えられ，マンナン粒子には他の液胞成分も含まれるものと思われる。

マンナン細胞の形は概して円形であるが，周囲の組織細胞の制約を受けて長楕円形となるものもあり，コンニャクの吸枝中では長い円筒状をなすものも観察される。マンナン

細胞の表面も周囲の組織細胞の膨圧のために，種々の程度に微弱な凹凸が認められる。

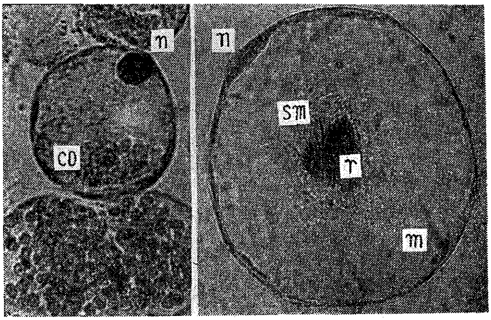
2.　マンナン核

マンナン核は有機酸・苛性ソーダ・苛性カリ等に溶けず，稀塩酸によつて発泡しないで溶解するので蓚酸石灰と推定され，その形は針状結晶である場合が多いが，常に針晶であるとは限らず，無定形あるいは全く欠くことも多いので，その表面吸着によるマンナン水膠液の濃縮という西田氏の説明は当らない。



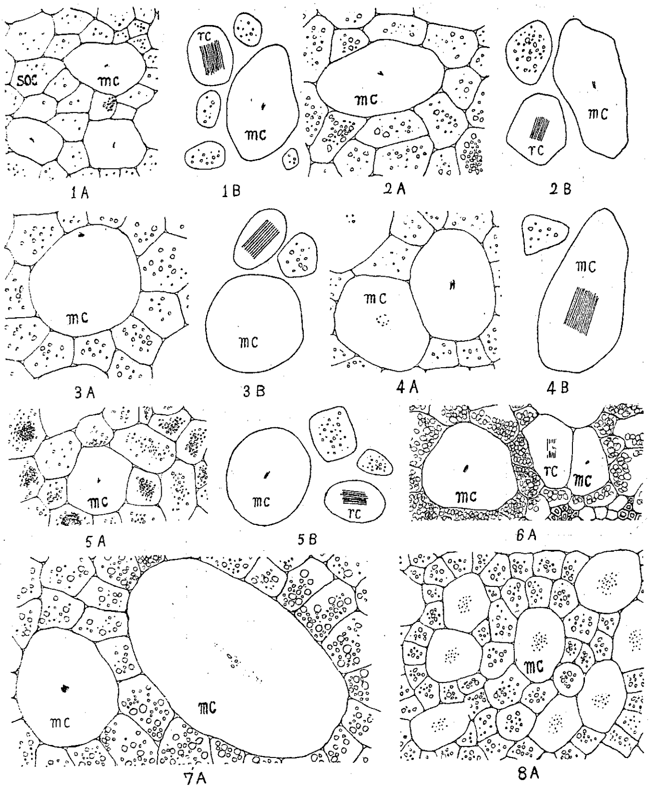
第 1 図.　コンニヤクのマンナン細胞の生長過程およびシランのマンナン細胞
1.　A. 分化初期のマンナン細胞　B. 分化初期の体細胞　2. 液胞の形成　3. 液胞合一して液腔となる　4. 蓚酸石灰の凝結始まる　5. 針晶の形成　6. マンナンの貯溜さかんとなる　8. 成熟したマンナン細胞 ×60　8. 成熟したシランのマンナン細胞 ×120　w—細胞膜　n—核　c—細胞質　sv—液胞　sc—液腔　co—凝結物　m—マンナン　sm—液胞粘液　r—針晶

髄層におけるマンナン核の種類別分布を球茎の生育過程に従つて調査した結果は，第2表—1 のように球茎の発育初期ではほとんどすべてのマンナン核が針晶または不完全針晶からなつているが（それぞれ針晶核・不完全針晶核とする）発育の進むにつれて塊状や粒状のものが多くなり，次第にマンナン核の小さいものを生じてついには液腔粘液だけとなり，さらに液腔粘液さえも見られず前記のようになんらの陰影もないマンナン粒子が多数に発見された。



第 2 図.　生長中のマンナン細胞 ×130
(1) 生長初期　(2) 生長中期　n. 核　co. 凝結物　sm. 液腔粘液　r. 針晶　m. マンナン

成熟した球茎内において，針晶核は皮層部および頂芽の直下部に多く，中下底部では少なくて大部分が小形の塊状または粒状で，しかもきわめて少量でありまれに単晶が認められた（第2表—2）。この蓚駿石灰の分布の傾向は，球茎組織の肥大が上部から下部に向つ



第3図. 各植物のマンナン細胞 ×60
A. 貯蔵組織の断面 B. 解離された組織細胞 1. サイハイラン 2. シラン 3. コクラン 4. コケイラン 5. セキコク 6. シュンラン 7. コンニャク 8. ムギラン mc. マンナン細胞 soc. 一般体細胞 rc. 針晶細胞

て進行する事実とも関係すると思われるが，さらに他の特殊細胞の数の傾向とも全く平行的であり，皮層および芽の直下部において最も多数である。

つぎに，針晶は束をなす場合と団粒をなす場合とがあつて（それぞれ針晶束核・針晶団粒核とする），コンニャクでは多くの場合が団粒で束をなす場合は少なく，ラン類では束をなす場合が普通で団粒はきわめて少なかつたが，いずれにおいても針晶の大きさはマンナン核の量の多少に正比例し，マンナン核が大きいほど針晶も大となり極端に大きいものでは針晶細胞中の針晶との区別は困難であつた（特殊細胞中で針晶を含むものを針晶細胞とする）。

乾燥材料を蒸溜水で膨潤したものの観察では，多数の単晶や無定形塊状・粒状・砂状

第 2 表.　コンニャク茎球におけるマンナン核の種類分布表

1.　球茎の生育に伴う分布の変化

調査月日 マンナン核の種類	6.10	7.1	7.20	8.10	9.1	9.20	10.10
針晶	50%	30	20	15	14	12	0
不完全針晶	30	35	25	21	15	16	17
その他	20	35	54	56	57	60	59
なし	0	0	1	8	14	12	15

3 年生，生体の髄層部マンナン細胞の老若総括の調査による

2.　球茎の部分別による分布の変化（3 年生）

調査時期	6月10日			7月20日					8月10日					10月10日				
調査部分	生体			生体				乾燥	生体				乾燥	生体				乾燥
マンナン核の種類	皮層	髄層	平均	皮層	髄層	頂芽の下部	平均	平均	皮層	髄層	頂芽の下部	平均	平均	皮層	髄層	頂芽の下部	平均	平均
針晶	82%	50	66	75	20	71	55	51	51	15	59	42	36	50	9	60	40	33
不完全針晶	15	30	23	20	25	24	23	23	27	21	21	23	20	26	17	22	22	21
その他	3	20	11	5	54	4	21	25	21	56	20	32	40	23	59	18	33	40
なし	0	0	0	0	1	0	1	1	1	8	0	3	4	1	15	0	5	6

1.　指数は各調査期日毎に 5 個体を各個体毎にマンナン細胞 200 個宛の平均値を示す

2.　「不完全針晶」とは各針晶の輪かく不明瞭で図塊状となるもの
「その他」は単晶・針晶以外の簇晶・無定形団塊又は微粒等
「なし」はマンナン核を欠いで液腔粘液のみか，又は全くなんらの陰影も認められないもの

3.　「針晶又は不完全針晶」と「その他」の両者を共有するものは「その他」として計上した

等のマンナン核が観察され，生体に比してその出現率が大きく量的にも極端に多いものが発見され，乾燥過程中に液腔成分中から濃縮され凝結したものと考えられる。なお，軽く溶解された形跡の認められる針晶も発見されるが，おそらく乾燥過程での濃縮液中において溶解されたものと思われる（第 2 表—2）。

以上のことから，マンナン核の量は主として球茎の生育時期および部位の相違による蓚酸石灰形成成分の量的差異に関係するものと考えられる。

3.　液腔粘液

液腔粘液は無染色の場合に屈折率の異なる透明物質としてマンナンから区別され，コンニャクでは多くの場合に粒状物質を伴つているが，細胞膜を破るとマンナンと共に膨潤拡散し，適度に脱水（グリセリン・60% アルコール等で）すると微粒様の陰影が認められる。

つぎに，煮沸処理によつて離散させたマンナン細胞を，スライドグラス上で圧して軽く細胞膜を破りなお圧迫を続けると，マンナン核は液腔粘液と共にマンナン中を貫通して流動圧出するが，まれにマンナン核を包含したまま団塊となつて圧出される場合もある。

シランの液腔粘液は多量で，しかも通常には粒状物質がなく水中に圧出されると膨潤するが，その速度はきわめておそくて周囲のマンナンのように急速に拡散せず，膨大しつつ長時間原型を保つて塊状となつている。

この点から，液腔粘液は通常のマンナンに類似するある種のマンナンまたは粘液物質と考えられ，通常のマンナンよりも流動性に富んでいることが多いが，かたいこともあつてその組成および性状は種類によつて一定していないものと推察される。

粒状物質は稀塩酸および苛性加里によつて溶解せず，塩基性フクシン・メチレンブルー・オルセイン・コットンブルー・スダン III 等に不染，サフラニン・エオジン・ニュートラルレッドにより紅色，ライトグリーンにより緑色，アニリンブルーにより青色に染まり，さらに酸性フクシンにより赤紫色に，ゲンチアナバイオレットにより紫色にそれぞれ濃染した。その量は球茎の生育初期に生成された細胞・頂芽の下部の細胞・皮層中の細胞等に多く，ことに針晶核に伴う場合が多量である。ムギランでは多量に，シラン，サイハイランではまれにしかもきわめて少量にこの粒状物質が認ゆられた。

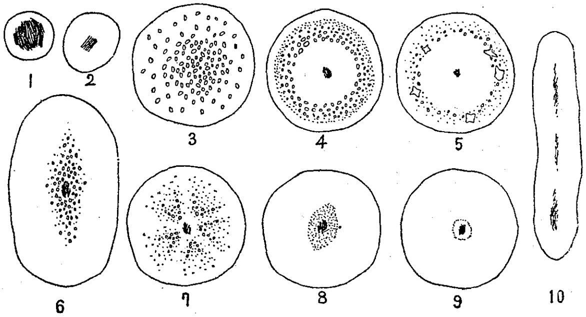
これらの液腔粘液は，主として細胞の幼時に生成された液腔要素と思われるが，しばしばきわめて多量に存在する場合もあるので，細胞の条件によつてはその生長と共に引続き生成され，液腔中に貯溜されるものと考えられる。

4.　マンナン核の生長

コンニャクにおいて煮沸材料および乾燥材料を用いて，マンナン細胞中の針晶を稀塩酸で溶解除去すると，中心にほとんど同長の線状物質が残留するが，この物質は水洗後苛性加里に溶解せず，その染色性は液腔粘液中の粒状物質の場合と同様であつた。この点から，この物質は一種の蛋白質と思われるが，針晶の形成以前にはこのような性状の物質は全く認められず，針晶の凝結開始以後針晶の生長と共に増加することが観察された。したがつてこの物質は，針晶の形成に際する凝結核あるいは基質と推察される。他のラン類のマンナン核においても同様の処理によつてやや類似の結果が得られたが，染

色性はきわめて少なかつた。なお，他の形態の蓚酸石灰は稀塩酸で溶解消滅しなんらの残留物質も認められなかつた。

つぎに，針晶核中の個々の針晶の観察によると，幼い球茎中の若いマンナン細胞では，きわめて短小であつて中央に生長起点と考えられる突出部があるが，成熟した球茎中においてもなお不明瞭ながら生長起点の認められる針晶もあり，さらに，マンナン核の量もきわめて少なく生成の当初からほとんど生長しなかつたものと思われるマンナン核が多数に発見される。しかし，まれに形態的にも完成した長大な針晶をはなはだしく多量に含む場合や，粒状・砂状のマンナン核を有する場合も発見され，しばしば針晶束の周辺に他の形態の蓚酸石灰が共存することもあり，第4図—3のように多くの粒状の蓚酸石灰がマンナン中に埋もれて細胞内に満ちているものもあり，第4図—4のように針晶のマンナン核を中心に砂状の蓚酸石灰群が遠く包囲するものも発見されるので，場合によつてはマンナン核が生長肥大することが予想された。



第4図　マンナン核の諸相　×40

続いてマンナン核の生態を追跡すると，葉の倒伏後は蓚酸石灰の生長も溶解も認められず，次期の発芽に際してマンナンは分解して新組織に移行するが，マンナン核はそのまま残存し離脱した旧球茎残渣中に多数発見される。この残渣中の蓚酸石灰は，臍痕附近のマンナン細胞中において一層容易に発見された。したがつてマンナン核は，特殊細胞中の蓚酸石灰と同様に一種の排泄物的意義があるものと思われる。

摘　　要

コンニャクの4品種および数種のラン類の偽鱗茎を用いて，マンナン細胞の構造と生成について調査し，次のような新しい見解を得た。

1. 原形質は薄膜状となつて細胞膜に密着し，核も同様に大形の薄板状となつて認められ，その内部に多量のマンナンを貯溜してマンナン粒子を形成し，多くの場合その中心に蓚酸石灰からなる中心核が液腔粘液に封入されて存在する。
2. 核は分化の初期には細胞の中心に位置するが，生長と共に大きな液腔におしやられて次第に一側にかたより，液腔中には蓚酸石灰とそれをとりまく液腔粘液が析出される。以後，これらの周囲に多量のマンナンが貯溜されて細胞ははなはだしく膨大する。

したがつて，マンナン粒子の生成は液腔性であり，「マンナンは細胞核を中心として細胞質中に作られる」という西田氏の見解と異なる。

3. マンナン核は量的にも形態的にも種々の様相が，見られるが，これは単に蓚酸石灰形成成分の量的差異および液腔中の凝結条件の相違に基因するものと思われ，マンナン核とマンナンの集積との間にはなんらの因果的関係も考えられない。

4. 液腔粘液は屈折率の異なる透明物質としてマンナンから区別され，多くの場合に粒状物質を伴つているが，ある種のマンナンあるいは粘液物質を主体とし，他の液腔成分をも混ずるものと考えられる。

5. コンニャクの針晶を稀塩酸で溶解除去すると，中心にほとんど同長の線状物質を残留し，フクシンによる染色性から判断すると一種の蛋白質と思われ，針晶の形成・生長に際する凝結核と推察される。

6. マンナン核は一般に生成の当初からほとんど生長しないものが多いが，ときには顕著に生長肥大することもあり，液腔粘液も引続き生成されるものと考えられた。

7. 球茎の生育終了後は蓚酸石灰の生長も溶解も認められず，次期の発芽に際してマンナンは分解して新組織に移行するが，マンナン核はそのまま旧球茎と共に残渣となつて遺棄される。

Summary

The structure and the formation of mucilaginous cells, occuring in corms of four forms of *Amorphophallus Konjac* and pseud-bulbs of some orchid were treated, and the following results were obtained:

1. The mannan grain is enveloped by thin film like protoplasm, which is adhering closely to the inside of the cell wall of the mucilaginous cell. The nucleus of the cell is seen as if a thin board, sandwitched between cytoplasm and cell wall. Mannan and its allies, composing main contents of the cells, accumulate in the cell-sap, having calcium oxalate as a formation nucleus.

2. The nucleus lies in the center of the cell in the early stage, but later, when vacuoles gradually increase and fuse into a large central one, it is pushed to the cell wall. Accumulation of mucilaginous substances around calcium oxalate then occurs in the cell sap and formation nucleus of large mannan grain is formed.

This fact don't support the oninion of Nishida (1926), that site of mannan formation might be in the cytoplasm, using cell nucleus as its formation center.

3. The formation nuclei of mannan grains vary diversely both in their forms and quantities. It seems, therefore, there are various physiological conditions for

mannan formation process. Moreover, there is no quantitative relation between kinds of mannan nuclei and magnitude of mannan grains.

4. Mucilaginous substance in sap vacuole is easily distinguishable from mannan by different refractive index, and granular bodies generally involved.

5. When raphides of *Amorphophallus Konjac* are treated with dilute hydrochloric acid, there remain needle like bodies, constituted equally with mother raphides both in their forms end scales, and these are probably made of some protein substance as concluded from their color-reaction with Fuchsin. This residue of HCl-digestion may be true nuclear substance to form the raphides.

6. Generally, the formation nucleus of mannans does not show any growth in later stages. However, it grows remarkably in some exceptional cases, vacuole mucilage being also continuously formed.

7. After the growth of corm is completed, calcium oxalate changes its form no more. At the time of germination mannan grains dissolve to translocate into growing tissues, leaving mannan nuclei as useless residues in the old corm.

○ 高等植物分布資料 (1) Material for the distribution of vascular plants in Japan (1)

日本における高等植物の分布は近年かなりよく分つてきたが，しかしまだ思いがけない産地がみつかつたり，また一部の人だけにしか知られていない場所も少くない。その中で特に著しいものを拾つてこの欄で紹介し，日本の植物地理に関する諸問題研究の基礎資料としたい。ただ心配なのは，産地を明かにしたためにそこが荒されて稀少な種類が絶滅に瀕するおそれのあることである。読者諸君はこれらの産地を保護するように特に注意して努力して下さることを切望する。（編集委員）

○ バシクルモン *Apocynum venetum* L. var. *Basikurumon* Hara　今まで日本海（及び陸奥湾）に面した海岸の岩壁地に僅か数個所の産地が知られているだけであつたが，意外にもこれらの産地から遠く離れたオホーツク海側の知床半島に本種が発見された。昨夏日本植物学会 21 回大会の見学旅行 D 班に参加した際の収獲の一で，7 月 18 日知床半島のオシンコシン崎に上陸した時，僅かの時間を利用してそこの海へ突き出した岬の岩礫地に採集に走つて行き，本種が生えているのを確認した。当時花はなかつたが，その標本は東大と北大とに証拠としていれてある。その時の見学は非常に有益なものであつたが，多くの困難を冒してこれを計画し実行された館脇操博士の御努力に改めて深い感謝の意を表する次第である。（東大理学部　原　寛）